

10/519,015

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



Rec'd PCT/PTO 02 MAY 2005



(43) Date de la publication internationale
8 janvier 2004 (08.01.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/003616 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G02B 6/42,
6/26

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/001963

(22) Date de dépôt international : 25 juin 2003 (25.06.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/08010 27 juin 2002 (27.06.2002) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31/33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : LECLERC,
Pascal [FR/FR]; 10, rue de la Bergerie, F-91300 Massy
(FR). GARCIA, José [FR/FR]; 21, avenue des Ramiers,
F-93360 Neuilly Plaisance (FR).

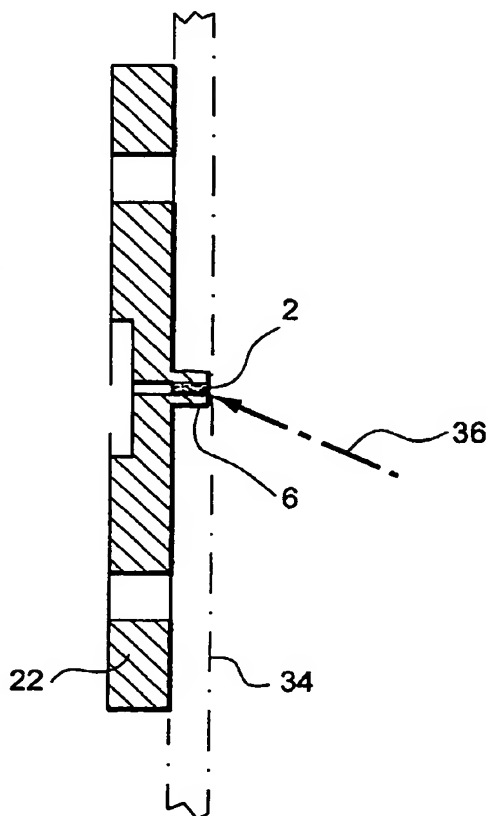
(74) Mandataire : LEHU, Jean; Brevatome, 3, rue du Docteur
Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR AUTOMATIC CENTERING OF A LASER BEAM AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : DISPOSITIF DE CENTRAGE AUTOMATIQUE D'UN FAISCEAU LASER ET PROCEDE DE FABRICATION DE
CE DISPOSITIF



(57) Abstract: The invention concerns a device for automatic centering of a laser beam and method for making same. Said device comprises a volume diffuser (2) for diffusing a laser beam and automatically centering it in an optical waveguide (32), for example a monomode or multimode optical fiber. The method for making said device consists in producing a tubular optical waveguide (6) followed by the diffuser, from a diffusing material, using the guide as hollow punch.

(57) Abrégé : Dispositif de centrage automatique d'un faisceau laser et procédé de fabrication de ce dispositif. Ce dispositif comprend un diffuseur en volume (2) pour diffuser un faisceau laser et centrer automatiquement celui-ci dans un guide de lumière (32), par exemple une fibre optique monomode ou multimode. Pour fabriquer le dispositif, on fabrique un guide de lumière tubulaire (6) puis le diffuseur, à partir d'un matériau diffusant, en utilisant le guide en tant qu'emporte-pièce.

WO 2004/003616 A2



(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

DISPOSITIF DE CENTRAGE AUTOMATIQUE D'UN FAISCEAU LASER
ET PROCEDE DE FABRICATION DE CE DISPOSITIF

DESCRIPTION

5 **DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne un dispositif pour centrer automatiquement un faisceau laser, en particulier dans une fibre optique monomode ou dans une fibre optique multimode, après un
10 dépointage ou un décentrage dudit faisceau.

Ce dispositif s'applique plus particulièrement aux faisceaux laser dont les dépointages ou les décentrages sont supérieurs aux dimensions transversales des fibres optiques ou voisins
15 de ces dimensions.

L'invention concerne aussi un procédé de fabrication de ce dispositif.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

20 Les dispositifs de centrage connus peuvent être classés en deux catégories :

- les dispositifs statiques, tolérant des variations de pointage et de centrage pour l'injection du faisceau laser dans une fibre, et
- 25 - les dispositifs dynamiques, tolérant des variations de pointage et de centrage et pourvus d'un système de recentrage du faisceau laser par rapport à l'entrée de la fibre, soit en déviant ce faisceau laser, soit en orientant la fibre.

Les dispositifs statiques utilisent principalement des diffuseurs de lumière en surface ("surface light scatterers"), plus simplement appelés "diffuseurs en surface", c'est-à-dire des moyens dont
5 la surface est apte à diffuser ("scatter") la lumière du faisceau laser incident, mais ne permettent pas d'obtenir des uniformités suffisantes pour les injections dans les fibres, à cause

- d'une part de la non-uniformité initiale
10 du faisceau laser, qui n'est corrigée que partiellement, et

- d'autre part de la cohérence de ce faisceau laser.

En effet, lorsqu'un objet diffusant en
15 surface est éclairé par un laser, les points qui composent cet objet diffusent une lumière cohérente et produisent une granularité ("speckle") de type Fresnel dans tout l'espace qui les entoure.

Les dispositifs dynamiques ont, quant à
20 eux, l'inconvénient majeur de nécessiter la connaissance *a priori* des variations de pointage et de décentrage pour corriger le positionnement de la fibre optique par rapport au faisceau laser.

Ils ne sont donc généralement applicables
25 qu'à des lasers récurrents car ils nécessitent plusieurs impulsions laser pour converger vers la position optimale de couplage.

De tels dispositifs utilisent des moyens électroniques qui sont asservis à partir d'un capteur
30 de type CCD ou d'un capteur à quatre quadrants, ce

capteur étant placé sur une position qui est l'image du cœur ("core") de la fibre optique.

Ils pilotent une optique mobile qui doit compenser les variations de pointage du faisceau laser afin d'optimiser le couplage dans la fibre.

L'avantage de tels dispositifs est de pouvoir atteindre des taux de couplage élevés (de l'ordre de 50%). Ils sont en revanche très coûteux de par leur complexité et nécessitent des alignements très fins, sensibles aux variations de température et aux vibrations.

Cette contrainte résulte de la faible dimension du cœur de la fibre et de sa faible ouverture angulaire, qui nécessitent une optique de longueur focale relativement élevée - typiquement de l'ordre de 20cm - dont le positionnement doit être de l'ordre du 1 μ m.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents.

Pour ce faire, on utilise un dispositif de centrage statique, comportant un diffuseur de lumière en volume, plus simplement appelé "diffuseur en volume", c'est-à-dire un moyen dont le volume - et non plus la surface - est apte à diffuser ("scatter") la lumière du faisceau laser incident que l'on veut centrer.

De façon précise, la présente invention a pour objet un dispositif de centrage automatique d'un faisceau laser dans un guide de lumière, ce dispositif

étant caractérisé en ce qu'il comprend un diffuseur en volume, comportant une face d'entrée du faisceau laser et prévu pour diffuser ce faisceau laser et centrer automatiquement celui-ci dans le guide de lumière.

5 Ce guide de lumière peut être une fibre optique monomode ou une fibre optique multimode.

Selon un mode de réalisation préféré du dispositif objet de l'invention, l'épaisseur du diffuseur en volume est au moins égale à 100 fois la
10 longueur d'onde du faisceau laser.

Le diffuseur en volume peut être en polytétrafluoréthylène.

Selon un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, le diffuseur en volume
15 a une forme cylindrique.

De préférence, le diffuseur en volume comporte une face latérale et le dispositif comprend en outre un réflecteur de lumière qui entoure cette face latérale.

20 Selon un premier mode de réalisation préféré du dispositif objet de l'invention, ce dispositif comprend en outre une lentille qui est placée sur la face d'entrée du diffuseur en volume et prévue pour défocaliser le faisceau laser sur cette
25 face d'entrée.

Selon un deuxième mode de réalisation préféré, le diffuseur en volume comporte une face latérale et le dispositif comprend en outre un réflecteur de lumière qui entoure cette face latérale,
30 se prolonge au delà de la face d'entrée et guide le faisceau laser jusqu'à cette face d'entrée.

Selon un troisième mode de réalisation préféré, le dispositif objet de l'invention comprend en outre une fibre optique auxiliaire qui est optiquement couplée à la face d'entrée du diffuseur en volume et guide le faisceau laser jusqu'à cette face d'entrée.

La présente invention concerne aussi un procédé de fabrication du dispositif objet de l'invention, dans lequel on fabrique un guide de lumière tubulaire et l'on fabrique le diffuseur en volume à partir d'un matériau apte à diffuser la lumière, en utilisant le guide de lumière tubulaire en tant qu'emporte-pièce.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre schématiquement un exemple de diffuseur en volume que l'on peut utiliser dans la présente invention,

- la figure 2 est une vue en coupe schématique d'un premier mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention,

- la figure 3 est une vue en coupe schématique d'un deuxième mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention,

- la figure 4 est une vue en coupe schématique d'un troisième mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention,

- la figure 5 est une vue en coupe schématique d'un quatrième mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention,
- la figure 6A illustre schématiquement une
5 étape de fabrication d'un dispositif conforme à l'invention,
- la figure 6B est une vue en coupe schématique d'un dispositif conforme à l'invention.
- la figure 7 illustre schématiquement la
10 diffusion de la lumière par un volume élémentaire de matériau diffusant, et
- la figure 8 montre des courbes de variation de l'éclairement diffusé et de l'éclairement incident réduit en fonction de la distance.

15

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Comme on l'a vu plus haut, le dispositif objet de l'invention permet de remédier aux inconvénients de l'art antérieur, d'une part, parce
20 qu'il est statique et, d'autre part, parce qu'il utilise un diffuseur en volume. Dans ce cas, il est possible de réduire la cohérence du faisceau laser et donc la granularité qui en résulte.

En utilisant des milieux dont les
25 inhomogénéités sont petites devant la taille du faisceau, les diffusions multiples introduisent des relations de phase aléatoires entre les différents points du faisceau et dégradent la cohérence spatiale.

Le diffuseur en volume est élaboré dans un
30 matériau adapté afin d'obtenir des uniformités correctes. Le choix de ce matériau est effectué en

fonction du coefficient de diffusion optique, qui doit être le plus important possible, et du coefficient d'absorption qui doit être le plus faible possible.

5 A ce sujet, on se reportera à la fin de la description où l'on donne une théorie du transfert radiatif.

Un matériau comme le polytétrafluoréthylène ou Téflon (marque déposée) est bien adapté aux faisceaux laser des spectres visible et proche
10 infrarouge.

On a également trouvé qu'un dispositif conforme à l'invention ne dégradait pas la forme temporelle d'un faisceau laser impulsionnel, tant que la durée des impulsions n'était pas inférieure à 10^{-11} s,
15 et que la cohérence du faisceau ne nuisait pas à l'uniformité de ce faisceau à la sortie du diffuseur, du fait de la superposition de figures de granularité décorrélées.

De plus, on utilise un diffuseur en
20 volume ; cela signifie que ce diffuseur a une longueur L, ou épaisseur, significative par rapport à la longueur d'onde du faisceau laser incident F que l'on veut centrer (figure 1). De préférence, l'épaisseur de ce diffuseur est au moins égale à 100 fois cette
25 longueur d'onde.

Ce diffuseur en volume a avantageusement la forme d'un cylindre dont la longueur est fonction de l'uniformité et de la transmission globale souhaitée.

Ceci est schématiquement illustré par la
30 figure 1 où l'on voit un dispositif conforme à l'invention, comprenant un diffuseur en volume 2, de

forme cylindrique, en Téflon (marque déposée), de longueur L.

Un faisceau laser F est focalisé sur une extrémité 4 du diffuseur 2 formant une face d'entrée.

5 La lumière laser est diffusée sous la forme d'ondes sphériques S à la sortie du diffuseur, du côté opposé à la face d'entrée 4.

De plus, l'augmentation de l'uniformité à la sortie du diffuseur 2 ainsi que l'augmentation de la transmission globale sont obtenues en plaçant le
10 diffuseur en volume dans un guide d'onde réfléchissant.

Ceci est schématiquement illustré par la figure 2 où l'on voit le diffuseur 2 inséré dans un réflecteur tubulaire métallique 6 qui entoure ainsi la
15 face latérale 8 du diffuseur 2.

Ce réflecteur 6, ou guide, réfléchit la lumière laser qui atteint cette face latérale 8 et guide ainsi cette lumière dans le diffuseur 2.

Une formule empirique, qui est vérifiée
20 expérimentalement, permet de calculer simplement la transmission globale et de dimensionner le dispositif de centrage par rapport au dépointage à corriger.

Cette formule, qui donne la transmission T du dispositif muni d'un guide métallique, est la
25 suivante :

$$T \cdot e^{-z} = \frac{A \sin^2 \alpha}{4A}$$

Dans cette formule :

- A est la section du guide métallique (en m²),

- a est la section (en m^2) de la fibre optique qui est couplée au diffuseur et dans laquelle on veut centrer le faisceau laser,
- α est l'angle d'ouverture numérique de la fibre,
- 5 - z est la longueur du guide (en m),
- ρ est la densité (nombre par m^3) des particules qui diffusent la lumière, et
- σ (en m^2) est la section efficace de diffusion ("scattering cross section").

10 Des moyens auxiliaires peuvent être ajoutés avantageusement au guide réfléchissant afin d'augmenter la tenue au flux du dispositif de centrage automatique.

En effet, si le faisceau laser est focalisé sur la face d'entrée du diffuseur, il risque de
15 détériorer celui-ci.

Selon une première possibilité, pour réduire les risques de dégradation, on ajoute une micro-lentille devant le diffuseur pour défocaliser le faisceau laser sur la face d'entrée du diffuseur,
20 c'est-à-dire pour que le faisceau laser ne soit pas focalisé sur cette face d'entrée.

Ceci est schématiquement illustré par la figure 3 où l'on voit une micro-lentille 10 placée contre la face d'entrée 4 du diffuseur 2. Cette micro-lentille 10 est apte à défocaliser le faisceau laser incident 12 sur la face 4 du diffuseur, ce dernier et la micro-lentille 10 étant coaxiaux.

Dans l'exemple de la figure 3, le diamètre de la micro-lentille est égal au diamètre du
30 diffuseur 2.

Selon une deuxième possibilité, en rallongeant le guide d'onde vers l'avant du diffuseur, le faisceau laser est guidé jusqu'à ce diffuseur et l'étendue géométrique du faisceau est accrue par l'augmentation de sa surface au niveau du diffuseur, ce qui réduit d'autant les risques de dégradation de ce diffuseur.

Ceci est schématiquement illustré par la figure 4 où l'on voit un réflecteur tubulaire 14 qui entoure le diffuseur cylindrique 2 et dépasse de la face d'entrée 4 de ce diffuseur.

Dans la description de la figure 6A, on expliquera un procédé de fabrication du diffuseur 2 de la figure 2 dans un réflecteur tubulaire de même longueur.

Le diffuseur de la figure 4 peut être obtenu de la même façon, dans un réflecteur tubulaire plus long et en repoussant ensuite le diffuseur vers le côté du réflecteur opposé à celui par lequel le matériau diffusant a été introduit.

Selon une troisième possibilité, on ajoute une fibre optique de gros diamètre devant le diffuseur volumique pour augmenter la tenue au flux du dispositif de centrage automatique.

Ceci est schématiquement illustré par la figure 5. Dans cet exemple, on ajoute au dispositif de la figure 4 un tronçon de fibre optique 16 dont le cœur ("core") et la gaine ("cladding") ont respectivement les références 18 et 20. Le cœur 18 et le diffuseur 2 sont coaxiaux.

Le tronçon 16, dont le diamètre est sensiblement égal à celui du diffuseur 2, est logé dans la partie du guide 14 qui dépasse de la face d'entrée 4. Cette dernière est en contact avec le tronçon de fibre 16.

Le tronçon de fibre 16 reçoit ainsi le faisceau laser 12 avant le diffuseur, ce qui permet d'éviter les points chauds dans ce dernier.

Le guide réfléchissant 6 peut servir avantageusement d'emporte-pièce pour l'élaboration du diffuseur dans un matériau diffusant souple (si ce guide est fait d'un matériau de dureté suffisante).

Ceci est schématiquement illustré par l'exemple de la figure 6A où l'on voit le guide tubulaire 6, par exemple en acier, qui est rendu rigidement solidaire d'une plaque 22 en acier et forme ainsi une saillie de cette plaque 22.

Comme on le voit sur la figure 6B, cette plaque 22 est emboîtée, par l'intermédiaire de cette saillie, dans un support 24 et rendue solidaire de ce support par des vis symbolisées par des traits mixtes 26.

Le support 24 comporte une partie filetée 28 sur laquelle on peut visser un connecteur de fibre optique 30. On est ainsi capable de connecter optiquement le diffuseur 2 à la fibre optique 32 dont est pourvue ce connecteur 30, la plaque 22 et le support 24 étant convenablement percés à cet effet.

En particulier, comme on le voit sur la figure 6B, le perçage de la plaque 22 fait que le diffuseur 2 se trouve dans un réflecteur du genre de

celui de la figure 4, plutôt que dans un guide du genre de celui de la figure 2.

Le dispositif de la figure 6B permet le centrage du faisceau laser 12 sur la fibre optique 32 grâce au diffuseur en volume 2.

Pour fabriquer ce dispositif, on utilise une plaque 34 du matériau diffusant souple, par exemple une plaque de Téflon (marque déposée), et l'on applique la plaque 22 en acier contre cette plaque 34 (figure 6A).

La saillie formée par le guide tubulaire 6 de la figure 6A s'enfonce dans le matériau et une partie de ce dernier pénètre dans le guide tubulaire pour former le diffuseur 2.

Au moyen d'un outil coupant approprié 36, on sépare ensuite le diffuseur ainsi formé du reste du matériau.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, pour centrer un faisceau laser dont la longueur d'onde vaut 1064 nm, on utilise un diffuseur en Téflon (marque déposée) dont la longueur (épaisseur) vaut 750µm, soit près de 700 fois la longueur d'onde du faisceau laser, et un guide d'onde métallique en acier poli, qui dépasse du diffuseur de 0,3mm du côté par lequel arrive le faisceau laser.

La présente invention n'est pas limitée au centrage d'un faisceau laser dans une fibre optique (monomode ou multimode).

Elle s'applique également au centrage d'un faisceau laser dans d'autres guides de lumière, par exemple les guides planaires.

On explique dans ce qui suit la théorie du transfert radiatif, c'est-à-dire le transfert de la lumière par le diffuseur

Dans le cas d'une propagation rectiligne,
 5 la variation dL de la luminance L (en $W/m^2/sr$) à la traversée d'une épaisseur dz d'un volume élémentaire est telle que

$$\frac{dL}{dz} = -(\alpha + \beta)L$$

où α est le coefficient d'absorption (en m^{-1}) et β le
 10 coefficient de diffusion (en m^{-1}).

Dans le cas de particules diffusantes, pour lesquelles on définit les sections efficaces de diffusion σ_s , d'absorption σ_a et d'extinction $\sigma_t = \sigma_a + \sigma_s$ (en m^2), on exprime de même la luminance incidente
 15 $I(r, \vec{s})$ au point r dans la direction \vec{s} , sur un volume cylindrique élémentaire de longueur ds (voir figure 7) de la façon suivante :

$$\frac{dI(r, \vec{s})}{ds} = -\rho \sigma_t I(r, \vec{s})$$

où ρ est la densité volumique des particules.

20 Au terme d'absorption et de diffusion suivant la direction \vec{s} , il faut ajouter toutes les diffusions et absorptions provenant de toutes les directions \vec{s}' . Elles s'expriment à partir de la fonction de phase de diffusion des particules $p(\vec{s}, \vec{s}')$ qui
 25 est définie par :

$$\frac{1}{4\pi} \int_{4\pi} p(\vec{s}, \vec{s}') d\omega = W_0 = \frac{\sigma_s}{\sigma_t}$$

où W_0 est l'albédo d'une particule seule et $d\omega$ l'angle solide élémentaire.

Il faut de plus ajouter un terme (en $W/m^3/sr$) qui correspond à l'émission du volume
 5 élémentaire de longueur ds dans la direction \vec{s} et qui est noté $\varepsilon(r, \vec{s})$.

En intégrant l'ensemble de ces contributions, on obtient l'équation de transfert :

$$\frac{dI(r, \vec{s})}{ds} = -\rho\sigma_t I(r, \vec{s}) + \frac{\rho\sigma_t}{4\pi} \int_{4\pi} \rho(\vec{s}, \vec{s}') I(r, \vec{s}') d\omega' + \varepsilon(r, \vec{s}).$$

10 On dissocie la luminance totale I dans la direction \vec{s} au point r en deux termes correspondant à la luminance incidente réduite I_{ri} et à la luminance diffusée I_d . On obtient les deux équations suivantes :

$$\frac{dI_{ri}}{ds}(r, \vec{s}) = -\rho\sigma_t I_{ri}(r, \vec{s})$$

$$15 \quad \frac{dI_d}{ds}(r, \vec{s}) = -\rho\sigma_t I_d(r, \vec{s}) = \frac{\rho\sigma_t}{4\pi} \int_{4\pi} \rho(\vec{s}, \vec{s}') I_d(r, \vec{s}') d\omega' + \varepsilon(r, \vec{s}) + \varepsilon_{ri}(r, \vec{s})$$

$$\text{avec } \varepsilon_{ri}(r, \vec{s}) = \frac{\rho\sigma_t}{4\pi} \int_{4\pi} \rho(\vec{s}, \vec{s}') I_{ri}(r, \vec{s}') d\omega'$$

On en tire l'éclairement U_d et le vecteur de flux F_d qui sont diffusés au point r :

$$U_d(r) = \frac{1}{4\pi} \int_{4\pi} I(r, \vec{s}) d\omega \text{ et } F_d(r, \vec{s}) = \frac{1}{4\pi} \int_{4\pi} I(r, \vec{s}) \vec{s} d\omega$$

20 Dans le cas d'un faisceau collimaté ou gaussien parvenant sur un échantillon plan, on peut calculer l'éclairement diffusé $U_d(r)$ en tout point. Il faut pour cela introduire les fonctions de Green $G(r, r')$ qui satisfont à l'équation de propagation et

aux conditions aux limites ("boundary conditions") pour un échantillon plan de longueur d :

$$\nabla^2 G(r, r') - \kappa \frac{2}{d} G(r, r') = -\delta(r, r')$$

$$G(r, r') - h \frac{\partial}{\partial z} G(r, r') = 0 \quad z=0$$

$$5 \quad G(r, r') + h \frac{\partial}{\partial z} G(r, r') = 0 \quad z=d$$

Dans ces équations,

$$h=2\rho\sigma_{tr}/3 \text{ et } K_d=3\rho\sigma_{tr}\rho\sigma_a$$

avec $\sigma_{tr}=\sigma_a+\sigma_s(1-\mu)$ où μ est le cosinus de l'angle moyen de diffusion.

10 L'éclairement diffusé en un point r s'exprime alors par :

$$U_d(r) = \int_V G(r, r') Q(r') dV' + \int_S \frac{G(r, r') Q_1(r')}{2\pi h} dS'$$

$$\text{avec } Q(\vec{r}) = Q(r, \theta, z) = 3\rho\sigma_{tr} \frac{P_0}{\pi w^2} \exp(-\rho\sigma_t z) \exp\left(-\frac{2r^2}{w^2}\right),$$

où $Q_1(\vec{r})$ est nul pour une diffusion isotrope, dV est le volume de l'échantillon, P_0 est la puissance incidente du faisceau laser et w est le rayon à $1/e^2$ du faisceau laser.

15 Il est possible d'exprimer analytiquement l'éclairement diffusé U_d au moyen des fonctions modifiées de Bessel et de le calculer pour différentes
20 valeurs de ρ , de σ_t , et de l'épaisseur de l'échantillon.

On a effectué diverses simulations qui donnent les variations de U_d et U_{ri} (éclairement
25 incident réduit) en fonction de la densité de

particules et de la section efficace d'extinction pour trois épaisseurs (0,5mm, 1mm et 2mm) de l'échantillon.

Le laser utilisé avait une puissance de 1mW et une ouverture numérique de 0,11.

5 La figure 8 montre les courbes de variation de U_d et U_{ri} en fonction de z .

L'éclairement incident réduit U_{ri} décroît en fonction de $\exp(-\rho\sigma_t z)$ et de la dimension du faisceau laser, alors que l'éclairement diffusé U_d augmente tout d'abord en fonction de z puis décroît ensuite.

Avec la configuration choisie, qui est liée au faisceau laser d'entrée, il faut que le produit $\rho\sigma_t z$ soit de l'ordre de 10 pour que U_d soit de l'ordre de U_{ri} .

15 On peut retrouver l'ordre de grandeur de cette valeur à partir de considérations simples. L'éclairement incident réduit décroît sous la forme :

$$20 \quad U_{ri}(z) = K1 \times \frac{\exp(-\theta^2 z)}{z^2}$$

où $K1$ est une constante de proportionnalité et θ est l'angle d'ouverture à $1/e^2$ du faisceau laser dans le matériau, alors que l'on peut écrire pour l'éclairement diffusé, du fait de la conservation de l'énergie et en considérant que cet éclairement est constant sur une

25 sphère de rayon z :

$$4\pi z^2 U_d(z) = K2 \times (1 - \exp(-\rho\sigma_t z))$$

où $K2$ est une constante de proportionnalité.

Lorsque U_d est égal à U_{ri} , $\exp(-\rho\sigma_t z)$ est peu différent de $\frac{\theta^2}{4\pi}$ donc $\rho\sigma_t z$ est peu différent de 7.

On retrouve l'ordre de grandeur indiqué précédemment.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de centrage automatique d'un faisceau laser dans un guide de lumière (32), ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend un diffuseur en volume (2), comportant une face d'entrée du faisceau laser et prévu pour diffuser ce faisceau laser et centrer automatiquement celui-ci dans le guide de lumière.
2. Dispositif de centrage automatique d'un faisceau laser dans une fibre optique monomode ou multimode (32), ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend un diffuseur en volume (2), comportant une face d'entrée du faisceau laser et prévu pour diffuser ce faisceau laser et centrer automatiquement celui-ci dans la fibre optique.
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel l'épaisseur (L) du diffuseur en volume (2) est au moins égale à 100 fois la longueur d'onde du faisceau laser.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le diffuseur en volume (2) est en polytétrafluoréthylène.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le diffuseur en volume (2) a une forme cylindrique.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le diffuseur en volume (2) comporte une face latérale et le dispositif comprend en outre un réflecteur de lumière (6, 14) qui entoure cette face latérale.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant en outre une lentille (10) qui est placée sur la face d'entrée du diffuseur en volume (2) et prévue pour défocaliser le faisceau laser sur cette face d'entrée.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendication 1 à 5, dans lequel le diffuseur en volume (2) comporte une face latérale et le dispositif comprend en outre un réflecteur de lumière (14) qui entoure cette face latérale, se prolonge au-delà de la face d'entrée et guide le faisceau laser jusqu'à cette face d'entrée.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 et 8, comprenant en outre une fibre optique auxiliaire (16) qui est optiquement couplée à la face d'entrée du diffuseur en volume (2) et guide le faisceau laser jusqu'à cette face d'entrée.

10. Procédé de fabrication du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel on fabrique un guide de lumière tubulaire (6) et l'on fabrique le diffuseur en volume (2) à partir d'un matériau (34) apte à diffuser la lumière, en utilisant le guide de lumière tubulaire en tant qu'emporte-pièce.

1 / 3

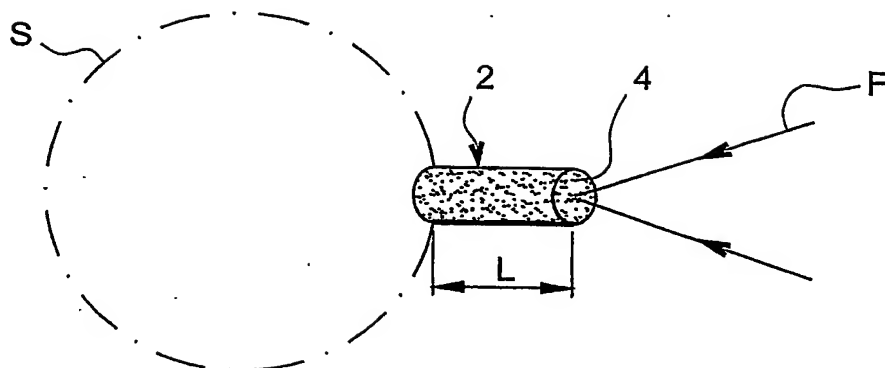


FIG. 1

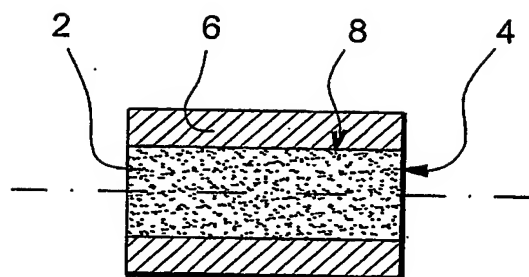


FIG. 2

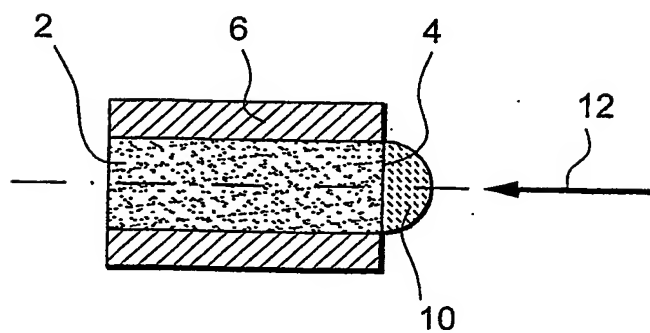


FIG. 3

2 / 3

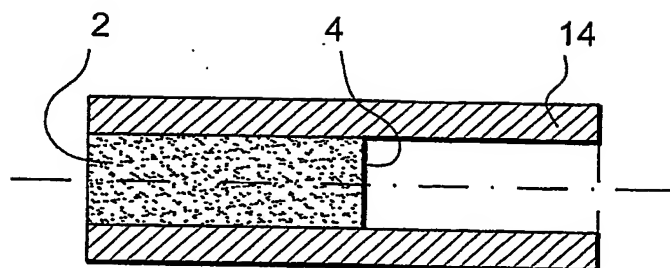


FIG. 4

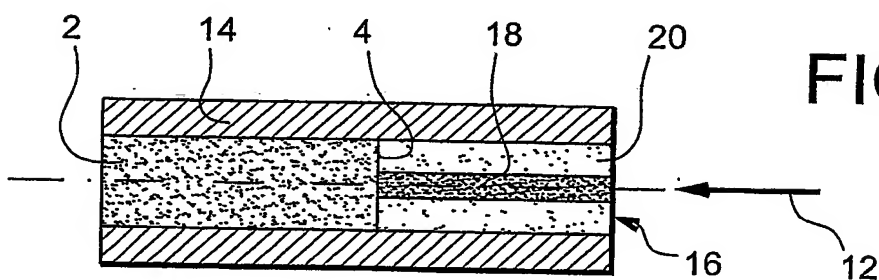


FIG. 5

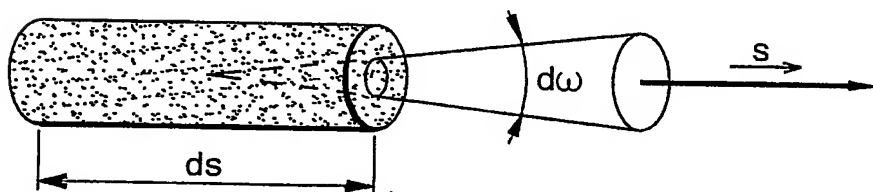


FIG. 7

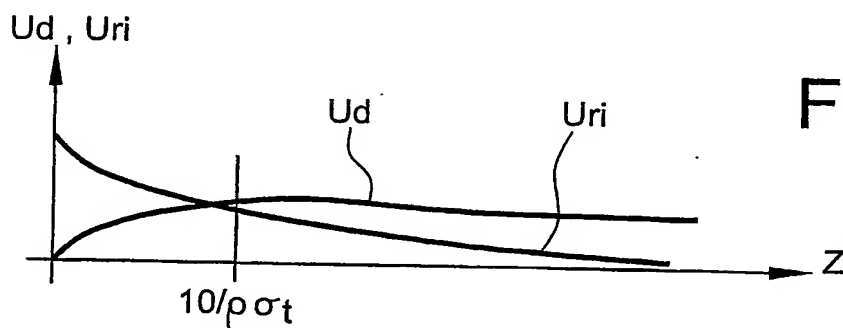


FIG. 8

FIG. 6A

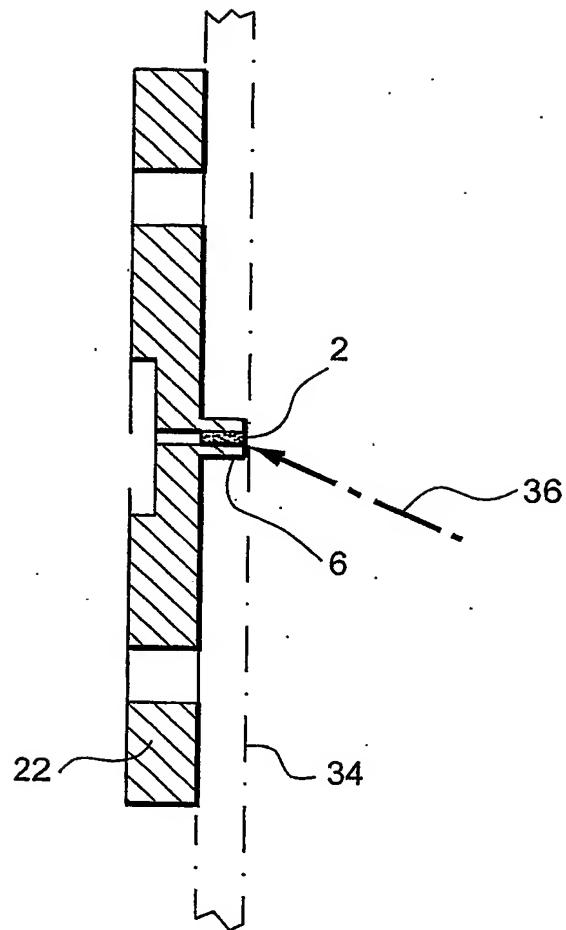
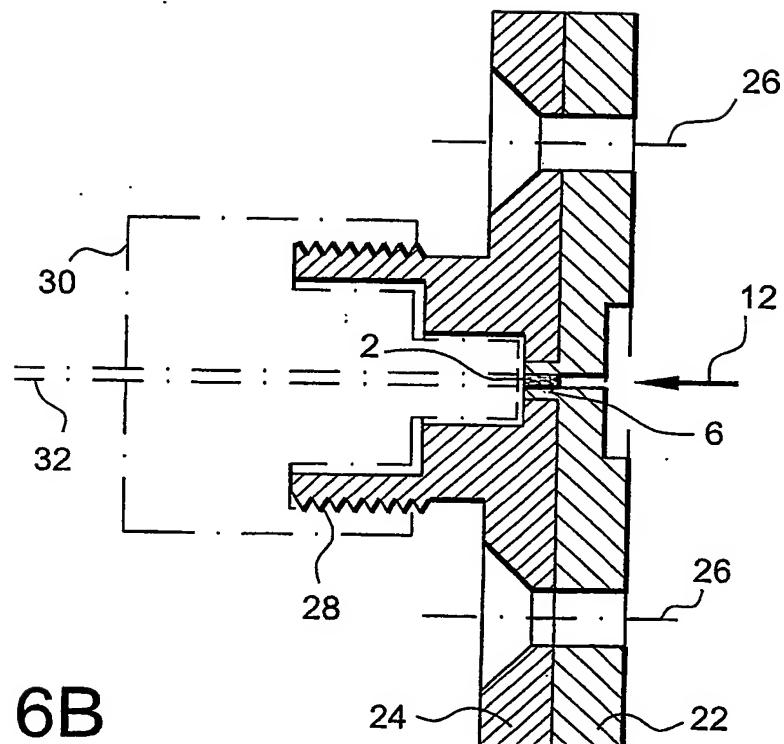


FIG. 6B



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
8 janvier 2004 (08.01.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/003616 A3

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G02B 6/42,
6/26

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/001963

(22) Date de dépôt international : 25 juin 2003 (25.06.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/08010 27 juin 2002 (27.06.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31/33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : LECLERC,
Pascal [FR/FR]; 10, rue de la Bergerie, F-91300 Massy
(FR). GARCIA, José [FR/FR]; 21, avenue des Ramiers,
F-93360 Neuilly Plaisance (FR).

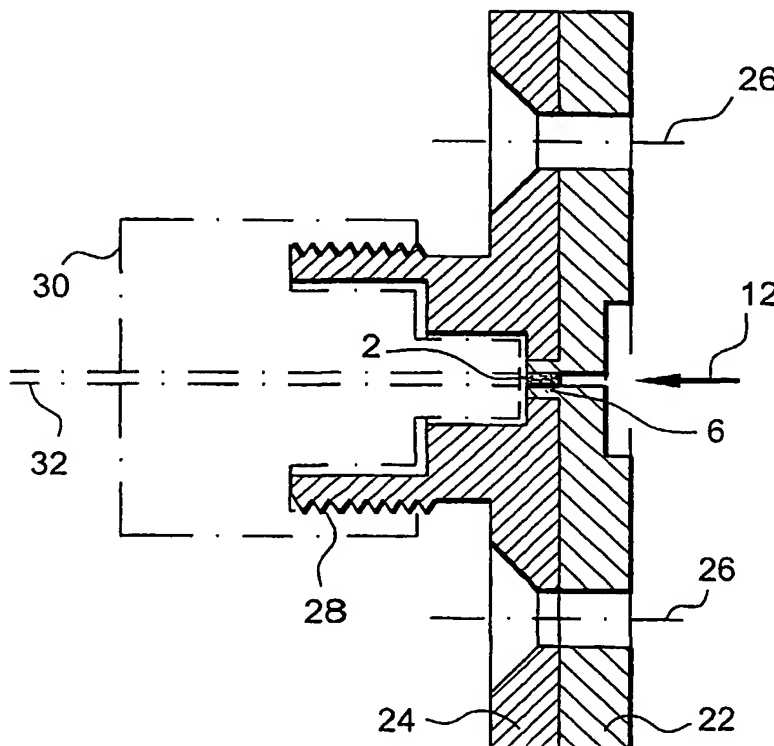
(74) Mandataire : LEHU, Jean; Brevatome, 3, rue du Docteur
Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR AUTOMATIC CENTERING OF A LASER BEAM AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : DISPOSITIF DE CENTRAGE AUTOMATIQUE D'UN FAISCEAU LASER ET PROCÉDE DE FABRICATION DE
CE DISPOSITIF



(57) Abstract: The invention concerns a device for automatic centering of a laser beam and method for making same. Said device comprises a volume diffuser (2) for diffusing a laser beam and automatically centering it in an optical waveguide (32), for example a monomode or multimode optical fiber. The method for making said device consists in producing a tubular optical waveguide (6) followed by the diffuser, from a diffusing material, using the guide as hollow punch.

(57) Abrégé : Dispositif de centrage automatique d'un faisceau laser et procédé de fabrication de ce dispositif. Ce dispositif comprend un diffuseur en volume (2) pour diffuser un faisceau laser et centrer automatiquement celui-ci dans un guide de lumière (32), par exemple une fibre optique monomode ou multimode. Pour fabriquer le dispositif, on fabrique un guide de lumière tubulaire (6) puis le diffuseur, à partir d'un matériau diffusant, en utilisant le guide en tant qu'emporte-pièce.

WO 2004/003616 A3



(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale:

15 avril 2004

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/01963

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B6/42 G02B6/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B G03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 198 (P-147), 7 October 1982 (1982-10-07) & JP 57 108816 A (FUJITSU LTD), 7 July 1982 (1982-07-07) abstract	1, 2, 10
A	<div style="text-align: center;">---</div> PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 002, no. 133 (E-069), 8 November 1978 (1978-11-08) & JP 53 100259 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 1 September 1978 (1978-09-01) abstract <div style="text-align: center;">---</div> <div style="text-align: center;">-/--</div>	1, 2, 10

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 December 2003

Date of mailing of the international search report

11/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Verdrager, V

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/01963

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 084 (P-064), 2 June 1981 (1981-06-02) & JP 56 030104 A (FUJITSU LTD), 26 March 1981 (1981-03-26) abstract	1,2,9,10
A	US 4 199 222 A (IKUSHIMA ICHIRO ET AL) 22 April 1980 (1980-04-22) column 1, line 39-45 column 3, line 44-66 figures 4-6,8-10	1,2,7,10
A	US 5 109 465 A (KLOPOTEK PETER J) 28 April 1992 (1992-04-28) column 2, line 20-56 column 3, line 17-29 column 4, line 10-54	1-6,10
A	US 5 401 270 A (SCHOENBORN KARL-HEINZ ET AL) 28 March 1995 (1995-03-28) column 2, line 43-65 column 4, line 56 -column 5, line 7	1-5,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR 03/01963

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 57108816	A	07-07-1982	NONE	
JP 53100259	A	01-09-1978	JP 1070399 C JP 56010602 B	30-10-1981 09-03-1981
JP 56030104	A	26-03-1981	NONE	
US 4199222	A	22-04-1980	JP 53060651 A DE 2750322 A1 GB 1567701 A NL 7712472 A ,B,	31-05-1978 18-05-1978 21-05-1980 17-05-1978
US 5109465	A	28-04-1992	NONE	
US 5401270	A	28-03-1995	DE 4137983 A1 DE 9116216 U1	25-06-1992 27-05-1992

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande nationale No

PCT/FR 03/01963

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G02B6/42 G02B6/26

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G02B G03H

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 198 (P-147), 7 octobre 1982 (1982-10-07) & JP 57 108816 A (FUJITSU LTD), 7 juillet 1982 (1982-07-07) abrégé	1, 2, 10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 002, no. 133 (E-069), 8 novembre 1978 (1978-11-08) & JP 53 100259 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 1 septembre 1978 (1978-09-01) abrégé	1, 2, 10
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

1 décembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/12/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Verdrager, V

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 03/01963

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 084 (P-064), 2 juin 1981 (1981-06-02) & JP 56 030104 A (FUJITSU LTD), 26 mars 1981 (1981-03-26) abrégé	1,2,9,10
A	--- US 4 199 222 A (IKUSHIMA ICHIRO ET AL) 22 avril 1980 (1980-04-22) colonne 1, ligne 39-45 colonne 3, ligne 44-66 figures 4-6,8-10	1,2,7,10
A	--- US 5 109 465 A (KLOPOTEK PETER J) 28 avril 1992 (1992-04-28) colonne 2, ligne 20-56 colonne 3, ligne 17-29 colonne 4, ligne 10-54	1-6,10
A	--- US 5 401 270 A (SCHOENBORN KARL-HEINZ ET AL) 28 mars 1995 (1995-03-28) colonne 2, ligne 43-65 colonne 4, ligne 56 -colonne 5, ligne 7 -----	1-5,10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/01963

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 57108816	A	07-07-1982	AUCUN	
JP 53100259	A	01-09-1978	JP 1070399 C	30-10-1981
			JP 56010602 B	09-03-1981
JP 56030104	A	26-03-1981	AUCUN	
US 4199222	A	22-04-1980	JP 53060651 A	31-05-1978
			DE 2750322 A1	18-05-1978
			GB 1567701 A	21-05-1980
			NL 7712472 A ,B,	17-05-1978
US 5109465	A	28-04-1992	AUCUN	
US 5401270	A	28-03-1995	DE 4137983 A1	25-06-1992
			DE 9116216 U1	27-05-1992

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

REC'D 07 SEP 2004

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL



(article 36 et règle 70 du PCT)

WIPD

PCT

Référence du dossier du déposant ou du mandataire	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/4-16)	
Demande internationale No. PCT/FR 03/01963	Date du dépôt international (jour/mois/année) 25.06.2003	Date de priorité (jour/mois/année) 27.06.2002
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB G02B6/42		
Déposant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al.		

<p>1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.</p> <p>2. Ce RAPPORT comprend 7 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.</p> <p><input type="checkbox"/> Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).</p> <p>Ces annexes comprennent feuilles.</p>
<p>3. Le présent rapport contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Base de l'opinion</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priorité</p> <p>III <input type="checkbox"/> Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Absence d'unité de l'invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Déclaration motivée selon la règle 66.2(a)(ii) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certains documents cités</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Irrégularités dans la demande internationale</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Observations relatives à la demande internationale</p>

<p>Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale</p> <p>15.01.2004</p>	<p>Date d'achèvement du présent rapport</p> <p>01.09.2004</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international</p> <p> Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465</p>	<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>Riblet, P</p> <p>N° de téléphone +49 89 2399-2018</p> <p></p>

PCT/FR 03/01963

**RAPPORT D'EXAMEN
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n°

PCT/FR 03/01963

5. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport.)

6. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration
- | | | | |
|--|------|----------------|--------|
| Nouveauté | Oui: | Revendications | 7-8,10 |
| | Non: | Revendications | 1-6,9 |
| Activité inventive | Oui: | Revendications | 8,10 |
| | Non: | Revendications | 7 |
| Possibilité d'application industrielle | Oui: | Revendications | 1-10 |
| | Non: | Revendications | |

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Concernant le point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

Il est fait référence aux documents suivants:

- D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 198 (P-147), 7 octobre 1982 & JP 57 108816 A (FUJITSU LTD), 7 juillet 1982
- D2: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 084 (P-064), 2 juin 1981 & JP 56 030104 A (FUJITSU LTD), 26 mars 1981
- D3: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 002, no. 133 (E-069), 8 novembre 1978 & JP 53 100259 A (OKI ELECTRIC IND CO LTD), 1 septembre 1978
- D4: US-A-5 401 270 (SCHOENBORN KARL-HEINZ ET AL) 28 mars 1995 (1995-03-28)

- 1.1 L'objet des **revendications 1-2** n'est pas nouveau (Article 33(2) PCT) car le document D1 contient toutes les caractéristiques techniques de cette revendication, i.e. un dispositif de centrage automatique d'un faisceau laser dans un guide de lumière (voir l'abrégé et les figures) :
- (a) comprenant un diffuseur de volume (21) comportant une face d'entrée du faisceau laser (voir les figures) ;
 - (b) le dispositif étant arrangé de telle façon que le faisceau laser est diffusé et centré automatiquement dans le guide de lumière (3) (voir l'abrégé).

Les points suivants sont notés :

- (i) comme formulée, chacune des revendications 1 et 2 ne comprend qu'un diffuseur de volume apte à permettre le couplage et le centrage entre un faisceau laser et un guide de lumière telle une fibre optique, autrement dit le dispositif ne comprend ni le laser ni le guide de lumière ;
- (ii) le diffuseur de volume selon D1 est basé sur une variation irrégulière de l'indice de réfraction du cœur, induisant une variation irrégulière du chemin optique dans le diffuseur (21) et réalisant ainsi la fonction de diffuseur spatial des modes de lumière dans le volume du diffuseur. Il résulte que l'élément (21) peut être dénommé diffuseur de volume.
- (iii) les revendications 1 et 2 couvrent le même objet (le guide de lumière ou la fibre ne faisant pas partie du dispositif lui-même) et ne sont donc pas concises (Article 6 PCT).

- 1.2 En outre, toutes les caractéristiques techniques définies dans les **revendications**

1-2 et 9 sont divulguées également dans D2 : voir en particulier le diffuseur de volume (44) (voir la figure en combinaison avec l'expression "a resin plate mixed with said fine particles" qui prouve qu'il s'agit d'un diffuseur en volume et non en surface) recevant par une face d'entrée un signal optique (qu'il s'agisse d'un faisceau laser ou pas n'implique pas de caractéristique technique sur le dispositif revendiqué) qui est diffusé et centré automatiquement dans le guide de lumière (7'), le diffuseur étant arrangé coaxialement avec la fibre optique de sortie (7'). En outre, une fibre optique auxiliaire (7) est utilisée.

Dans D2, le diffuseur a aussi la fonction d'atténuateur mais il est noté que lesdites revendications ne définissent pas de caractéristique technique excluant la fonction additionnelle d'atténuation.

- 1.3 L'objet des revendications 1-2 est connu de D3 ainsi que de D4 :

D3 : voir la figure 7 en combinaison avec l'abrégié pour D3 ;

D4 : voir l'abrégié, col.2, l.56-65 et les figures 2a-2d qui divulguent un diffuseur en volume apte à permettre le couplage et le centrage entre un faisceau laser et un guide de lumière telle une fibre optique.

- 1.4 Dans la description p.3, l.22-28 et p.6, l.24-28, le diffuseur en volume est défini comme étant un matériau possédant dans son volume des inhomogénéités spatiale petites devant la taille du faisceau, ce qui est le cas des diffuseurs en volume selon D2, D3 ou D4. Par conséquent, même si les revendications 1 et 2 étaient restreintes à ce type de matériau, l'objet de ces revendications serait anticipé par chacun des documents D2-D4.

2. L'objet des **revendications dépendantes 3, 5-6** est également anticipé par D1 (Art.33(2) PCT) : voir le terme "mode diffusing rod" et le fait que le coeur du diffuseur (21) est entouré d'une gaine de plus bas indice, i.e. ayant la fonction de réflecteur. En outre, comme la longueur d'onde du laser n'est pas définie dans la revendication 3, l'épaisseur du diffuseur peut prendre n'importe quelle valeur.

- 3.1 l'objet de la **revendication 4** est anticipé par D4 (Art.33(2) PCT) qui divulgue que le diffuseur en volume est en Téflon (voir col.2, l.56-61).

- 3.2 En outre, l'objet de la **revendication 4** n'implique pas d'activité inventive (Article 33(3) PCT) vis-à-vis de D1 ou D2 pour les raisons suivantes:
Comme mentionné au point V.1.1(ii), le diffuseur de volume selon D1 est basé sur une variation irrégulière de l'indice de réfraction du coeur, ce qui induit donc une

variation irrégulière du chemin optique dans le diffuseur (21), réalisant ainsi la fonction de diffusion.

Cependant, il est considéré que l'homme du métier utiliserait de manière équivalente tout diffuseur de volume permettant une variation irrégulière du chemin optique, comme c'est le cas des diffuseurs spatiaux de la lumière, bien connu dans l'art antérieur. L'homme du métier utiliserait ainsi de manière équivalente au diffuseur selon D1 un diffuseur comme mentionné dans D4, en téflon par exemple (voir dans D4, col.2, l.56-65 et col.4, l.56-67) sans que cela n'implique d'activité inventive afin de réaliser la fonction de diffuseur et de permettre un meilleur alignement entre un laser et une fibre optique comme il est enseigné dans D1.

Alternativement, partant de D2, la sélection du diffuseur connu comme le téflon n'est pas considéré comme impliquant une activité inventive dans le contexte de D2.

4. L'objet de la **revendication 7** n'implique pas d'activité inventive (Article 33(3) PCT) car l'utilisation d'une lentille de défocalisation à l'entrée du diffuseur selon D1 ou D2 n'apparaît pas impliquer d'activité inventive dans le contexte de ces documents (qui est de rendre la lumière diffuse).
5. L'objet de la **revendication 8** implique une activité inventive (Article 33(3) PCT) pour les raisons suivantes :
D1 est le seul document décrivant un diffuseur de volume entouré d'une gaine de plus bas indice, i.e. ayant la fonction de réflecteur. Cependant, le fait de prolonger une telle gaine au delà des faces d'entrée du diffuseur n'apparaît pas comme une modification évidente du dispositif selon D1 et n'est suggéré dans aucun des documents cités.
- 6.1 Il est noté que la **revendication de méthode 10** n'est pas supporté par la description (Article 6 PCT) car elle se réfère au dispositif selon l'une des revendications 1-5 alors que la méthode de fabrication décrite dans la description p.10, l.12 - p.12, l.17 se réfère au dispositif selon l'une des revendications 6 et 8 qui contient un réflecteur de lumière tubulaire entourant le diffuseur en volume. Il en résulte que ladite méthode devrait se référer au dispositif selon la revendication 6 ou 8 et faire référence à un réflecteur de lumière tubulaire (6).

L'objet de la **revendication 10** implique une activité inventive (Article 33(3) PCT)

car aucun des documents cités ne divulgue ni ne suggère l'étape de fabrication du diffuseur en volume en utilisant un emporte-pièce. Cette technique n'apparaît pas comme évidente quand il s'agit de réaliser un diffuseur en volume comme celui divulgué dans D1 ou D4 qui doit être de quelques centaines de microns de diamètre.

7. Au vu des documents cités, l'objet des revendications 1-10 est clairement susceptible d'application industrielle (Art.33(4) PCT).

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT/FR2003/001963



PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference B 14046.3 PV	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR2003/001963	International filing date (day/month/year) 25 juin 2003 (25.06.2003)	Priority date (day/month/year) 27 juin 2002 (27.06.2002)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G02B 6/42, 6/26		
Applicant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of <u>7</u> sheets, including this cover sheet. <input type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT). These annexes consist of a total of _____ sheets.
3. This report contains indications relating to the following items: I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 15 janvier 2004 (15.01.2004)	Date of completion of this report 01 September 2004 (01.09.2004)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR2003/001963

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

- ☒ the international application as originally filed
- ☐ the description:
 pages _____ 1-17 _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the claims:
 pages _____ 1-10 _____, as originally filed
 pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the drawings:
 pages _____ 1/3-3/3 _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR 03/01963

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	7-8, 10	YES
	Claims	1-6, 9	NO
Inventive step (IS)	Claims	8, 10	YES
	Claims	7	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Reference is made to the following documents:

D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 198 (P-147),
7 October 1982 & JP 57 108816 A (FUJITSU LTD), 7
July 1982

D2: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 084 (P-064),
2 June 1981 & JP 56 030104 A (FUJITSU LTD), 26 March
1981

D3: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 002, no. 133 (E-069),
8 November 1978 & JP 53 100259 A (OKI ELECTRIC IND
CO LTD), 1 September 1978

D4: US-A-5 401 270 (SCHOENBORN KARL-HEINZ ET AL) 28
March 1995 (1995-03-28)

1.1 The subject matter of **claims 1-2** is not novel (PCT
Article 33(2)) because D1 contains all the technical
features of said claims, i.e. a device for
automatically centring a laser beam in a light guide
(see abstract and figures):

(a) including a volume diffuser (21) comprising a
laser beam input surface (see figures);

(b) arranged such that the laser beam is diffused
and automatically centred in the light guide

(3) (see abstract).

The following points are noted:

- (i) As worded, each of claims 1 and 2 only includes a volume diffuser capable of allowing a laser beam and a light guide, such as an optical fibre, to be coupled and centred, in other words, the device includes neither the laser nor the light guide.
- (ii) The volume diffuser according to D1 is based on an irregular variation of the refractive index of the core, inducing an irregular variation of the optical path in the diffuser (21) and thereby performing the function of spatially diffusing the light modes in the volume of the diffuser. It follows that element (21) can be referred to as a volume diffuser.
- (iii) Claims 1 and 2 cover the same subject matter (since the light guide or the fibre do not form part of the device itself) and therefore lack conciseness (PCT Article 6).

1.2 Furthermore, all the technical features defined in **claims 1-2 and 9** are also disclosed in D2. In particular, D2 describes a volume diffuser (44) (see the figure in combination with the expression "a resin plate mixed with said fine particles" which proves that the diffuser concerned is indeed a volume diffuser and not a surface diffuser) which receives, via an input surface, an optical signal (it is of no consequence to the technical features of the claimed device whether the signal is a laser beam or not) which is diffused and centred automatically in the light guide (7'), the diffuser being coaxially positioned with respect to the output optical fibre (7'). Additionally, an

auxiliary optical fibre (7) is used.

In D2, the diffuser also has the function of attenuator, but it is noted that said claims do not define technical features that exclude the additional function of attenuation.

- 1.3 The subject matter of claims 1-2 is known from D3 and D4.

D3: see figure 7 in combination with the abstract for D3;

D4: see abstract, column 2, lines 56 to 65 and figures 2a to 2d, which disclose a volume diffuser capable of allowing a laser beam and a light guide, such as an optical fibre, to be coupled and centred.

- 1.4 In the description page 3, lines 22 to 28 and page 6, lines 24 to 28, the volume diffuser is defined as being a material having little spatial inhomogeneity in its volume relative to the size of the beam, which is the case of the volume diffusers according to D2, D3 or D4. Consequently, even if claims 1 and 2 were limited to this type of material, the subject matter of said claims would be anticipated by each of documents D2 to D4.

2. The subject matter of **dependent claims 3, 5 and 6** is also anticipated by D1 (PCT Article 33(2)): see the term "mode diffusing rod" and the fact that the core of the diffuser (21) is surrounded by a cladding of lower index, i.e. having the function of reflector. Moreover, since the wavelength of the laser is not defined in claim 3, the thickness of the diffuser can have any value.

3.1 The subject matter of **claim 4** is anticipated by D4 (PCT Article 33(2)), which indicates that the volume diffuser is made of Teflon (see column 2, lines 56 to 61).

3.2 Furthermore, the subject matter of **claim 4** does not involve an inventive step (PCT Article 33(3)) relative to D1 or D2, for the following reasons: As mentioned in Box V, point 1.1(ii) above, the volume diffuser according to D1 is based on an irregular variation of the refractive index of the core, inducing an irregular variation of the optical path in the diffuser (21) and thereby performing the diffusing function.

However, it is considered that a person skilled in the art would use in an equivalent manner any volume diffuser that provides an irregular variation of the optical path, as is the case of spatial light diffusers, which are well known in the prior art. A person skilled in the art would use, in a manner equivalent to the diffuser according to D1, a diffuser as mentioned in D4, made of Teflon for example (see D4, column 2, lines 56 to 65 and column 4, lines 56 to 67), without an inventive step being involved, in order to achieve the function of diffuser and obtain better alignment between a laser and an optical fibre, as taught in D1.

Alternatively, taking D2 as the starting point, selecting a known diffuser, such as Teflon, is not considered to involve an inventive step in the context of D2.

4. The subject matter of **claim 7** does not involve an inventive step (PCT Article 33(3)) because the use

of a defocusing lens at the entrance to the diffuser according to D1 or D2 does not appear to involve an inventive step in the context of said documents (i.e. that of diffusing the light).

5. The subject matter of **claim 8** involves an inventive step (PCT Article 33(3)) for the following reasons: D1 is the only document describing a volume diffuser surrounded by a cladding of lower index, i.e. having the function of reflector. However, extending such a cladding beyond the input surfaces of the diffuser does not appear to be an obvious modification of the device according to D1 and is not suggested in any of the cited documents.

- 6.1 It is noted that **method claim 10** is not supported by the description (PCT Article 6), since it refers to the device according to one of claims 1 to 5, whereas the manufacturing method described in the description page 10, line 12 to page 12, line 17 refers to the device according to one of claims 6 and 8, which contains a tubular light reflector surrounding the volume diffuser. As a consequence, said method should refer to the device according to claim 6 or 8 and make reference to a tubular light reflector (6).

The subject matter of **claim 10** involves an inventive step (PCT Article 33(3)), since none of the cited documents discloses or suggests the manufacturing step whereby the volume diffuser is made using a punch. This technique does not appear obvious when a volume diffuser such as the one disclosed in D1 or D4 is to be made, which has to be a few hundred microns in diameter.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR 03/01963

7. In the light of the cited documents, the subject matter of claims 1 to 10 is clearly industrially applicable (PCT Article 33(4)).